

Staatstoezicht op de Mijnen
Ministerie van Economische Zaken

> Retouradres Postbus 24037 2490 AA Den Haag

Ministerie van Economische Zaken
t.
Postbus 20401
2500 EK DEN HAAG

Staatstoezicht op de Mijnen

Bezoekadres
Henri Faasdreef 312
2492 JP Den Haag

Postadres
Postbus 24037
2490 AA Den Haag

T 070 379 8400 (algemeen)
F 070 379 8455 (algemeen)

sodm@minez.nl
www.sodm.nl

Behandeld door

Ons kenmerk
15167037

Bijlage(n)
1

Datum 25 november 2015
Betreft Relevantie van artikel Weingarten et al voor waterinjectie in Nederland

Geachte heer

In het tijdschrift Science van 19 juni 2015 is een artikel opgenomen van M. Weingarten *et al.* met de titel "High-rate injection is associated with the increase in U.S. mid-continent seismicity" (vol 348 issue 6241). In dit artikel staat, dat als er een volume water van meer dan 300.000 barrels per maand wordt geïnjecteerd in een injectieput de kans op aardbevingen groter is dan bij kleinere injectievolumes. Het is de vraag of deze conclusie ook geldt voor waterinjectie in Nederland. In deze brief wordt nader op die vraag ingegaan. Deze brief verwoordt de gezamenlijke visie van SodM en TNO.

Algemeen oordeel over de inhoud van het artikel
Het artikel van Weingarten et al. analyseert op statistische wijze de waarschijnlijkheid van een relatie tussen het optreden van geïnduceerde seismiciteit en een aantal operationele kenmerken bij injectie van water in de ondergrond. Deze kenmerken betreffen het injectiedebiet, het cumulatieve geïnjecteerde volume, de (maandelijks gemeten) druk aan de putmond en de diepte en de nabijheid van het kristallijne gesteente ten opzichte van het injectiepunt.

Aanleiding voor het onderzoek is een sterke toename van seismische activiteit in het midden van de Verenigde Staten sinds het jaar 2000. Het onderzoek bestudeert gegevens van injectieputten in het centrale en oostelijk deel van de VS. Dit betreft in totaal 188.570 injectieputten. Daarvan zijn 18.757 geassocieerd aan seismische activiteit.

De waterinjectie betreft twee vormen. De ene vorm betreft injectie van zout water, dat bij de productie van (met name onconventioneel) olie en gas mee naar boven komt (Salt Water Disposal wells, SWD). De ander vorm betreft injectie van water, dat bij oliewinning de druk in het reservoir op peil moet houden, teneinde meer olie te kunnen winnen (Enhanced Oil Recovery, EOR). Het blijkt dat met name de SWD geassocieerd is met seismische activiteit. Weingarten et al. geven aan dat dit waarschijnlijk samenhangt met het feit dat er bij EOR geen netto toename van de reservoirdruk optreedt. In het artikel wordt geconcludeerd, dat op de schaal van het onderzoek het injectiedebiet de belangrijkste operationele factor is welke de waarschijnlijkheid van een geïnduceerde beving beïnvloedt (pagina 1339).

000135522

Als reden hiervoor wordt gesteld, dat hoge injectie debieten het heersende drukveld in grotere mate en over een groter gebied verstoren dan lage injectiedebieten.

De waarschijnlijkheid, dat een injectieput geassocieerd is met geïnduceerde seismiciteit, geldt met name voor injectieputten met een groot injectie debiet (>300.000 bbl/maand ofwel 47.496 m^3/maand). De auteurs suggereren dat het gecontroleerd injecteren een bruikbaar instrument kan zijn om de kans op geïnduceerde aardbevingen te minimaliseren.

In het artikel wordt aangegeven dat er geen correlatie gevonden is tussen de putmonddruk (well head pressure) en seismische activiteit. Hierbij wordt echter de kanttekening geplaatst dat de drukgegevens niet altijd betrouwbaar lijken en dat er geen gegevens over de druk op de diepte van het reservoir (reservoirdruk) beschikbaar zijn. Weingarten geeft aan dat, gezien de relatie tussen injectieputten en seismische activiteit (zie het verschil in respons tussen SWD en EOR injectieputten), het verzamelen van de juiste drukgegevens van groot belang is.Weingarten et al.stellen vast dat naast de operationele factoren ook andere , geologische, factoren een rol spelen. Zoals het regionale spanningsveld in de ondergrond, de breuk-grootte, de breukoriëntatie, de aanwezigheid van vloeistofmigratieroutes tussen het injectiepunt en de breuken en nog een aantal geologische factoren (pagina 1339). Dat blijkt onder meer uit het feit dat in Centraal Oklahoma (waar van nature al sprake is van meer seismiciteit) relatief meer seismische activiteit is geassocieerd met hoge debietinjectie dan in New Mexico, North Dakota en Michigan. Deze geologische factoren zijn niet in het onderzoek meegenomen.

TNO en SodM zijn van mening dat het artikel van Weingarten et al. een degelijk onderzoek is. Het gebruik van een statistische benadering betekent dat de correlaties geen onderscheid maken in de achterliggende fysische processen of omstandigheden. Er worden bijvoorbeeld voor gebieden met een uiteenlopende geologische setting dezelfde correlaties gevonden. Dit is een bewuste keus geweest van de auteurs. SodM en TNO zijn van mening dat een verdere differentiatie waardevol zou zijn geweest. Een andere belangrijke constatering is dat de auteurs vraagtekens stellen bij de betrouwbaarheid van de drukgegevens die bij het onderzoek zijn gebruikt. Hierdoor is het niet mogelijk een betrouwbare uitspraak te doen omtrent de correlatie tussen de reservoirdruk en geassocieerde seismische activiteit.

SodM en TNO zijn op basis van fysische gronden van mening dat juist de reservoirdruk de primaire parameter is bij het beheersen van het risico van waterinjectie in lege gasvelden in Nederland. Het daarbij toegestane injectiedebiet wordt bepaald door de toegestane reservoirdruk.

Toelichting op de toepasbaarheid van de resultaten van het onderzoek op de Nederlandse situatie.

TNO en SodM onderschrijven de bevinding van Weingarten et al. dat het injectiedebiet een belangrijke factor is in relatie tot het induceren van seismische activiteit. TNO heeft vergelijkbare aanwijzingen gevonden in literatuuronderzoek ('*Literature review on Injection-Related Induced Seismicity and its relevance to Nitrogen Injection*', TNO 2014 R11761). Evenals Weingarten et al. geeft TNO aan

dat het al dan niet optreden van seismiciteit afhankelijk is van de manier van injecteren (operationele factoren) in samenhang met de overheersende lokale geologische omstandigheden.

De constatering van Weingarten et al. dat de geologie een belangrijke rol speelt in de kans op het induceren van seismische activiteit wordt geïllustreerd middels de achterliggende gegevens, die de auteurs als supplementair materiaal hebben gepubliceerd ('*Supplementary Materials for High-rate injection is associated with the increase in U.S. mid-continent seismicity*', M. Weingarten, S. Ge, J. W. Godt, B. A. Bekins, J. L. Rubinstein, *Science* 348, 1336 (2015), DOI: 10.1126/science.aab1345). Het opsplitsen van de statistische data op basis van de operationele kenmerken naar vier verschillende staten (en daarmee onder meer naar vier geologische regio's) geeft een differentiatie in de uitkomsten. Daarbij blijkt het injectiedebiet niet voor alle (geologische) gebieden in gelijke mate van invloed op de seismiciteit (zie de figuur in de bijlage, vergelijk Oklahoma en de overige gebieden in de Mid US Continent). Weingarten et al. hebben ervoor gekozen deze uitsplitsing naar geologische regio's niet op te nemen in hun uiteindelijke publicatie.

Het is evident dat de Nederlandse ondergrond in geologische zin afwijkt van die in het door Weingarten et al. beschreven studiegebied in de Verenigde Staten. Daarom kan worden gesteld dat de resultaten van deze studie niet zomaar kunnen worden toegepast op Nederland. Hoewel ook in Nederland het injectiedebiet een operationele factor is, die van belang kan zijn bij het optreden van geïnduceerde seismiciteit, wordt de mate waarin in belangrijke mate bepaald door de geologische kenmerken van de ondergrond. De grenswaarde van 300.000 barrels per maand, waarvan Weingarten et al. spreekt, kent voor Nederland daarom geen enkele onderbouwing.

Weingarten et al. geven aan dat met EOR minder seismiciteit is geassocieerd dan met SWD. Dit verklaren zij doordat er bij EOR geen netto toename van reservoirdruk optreedt. Injectie van productiewater in Nederland is beter vergelijkbaar met EOR dan met SWD, er is geen sprake van een netto toename van de reservoirdruk. In Nederland wordt uitsluitend geïnjecteerd in lege gasvelden waarin, door voorafgaande gasproductie, de druk sterk is verlaagd. Bovendien wordt aan de injectievergunningen de beperking gekoppeld dat bij injectie de reservoirdruk onder de oorspronkelijke reservoirdruk moet blijven. Hierdoor zal er geen netto stijging ten opzichte van de oorspronkelijke druk optreden.

De Nederlandse situatie laat niet toe een vergelijkbaar statistisch onderzoek als dat van Weingarten et al. te reproduceren. In tegenstelling tot de VS kent Nederland slechts enkele tientallen injectieputten, waarbij slechts in één geval mogelijk sprake kan zijn van geassocieerde seismische activiteit (De Hoeve, Stellingwerf, 2009. Magnitude 2,8 op de schaal van Richter). Deze dataset vormt een te kleine steekproef om geldende statistische uitspraken te kunnen doen omtrent de relatie tussen de injectie en seismiciteit.

Staatstoezicht op de Mijnen

Ons kenmerk
15167037

Bovenstaande is de gezamenlijke visie van TNO en AGE op het artikel van Weingarten et al. Wij gaan er van uit, dat hiermee uw vraag is beantwoord.

Met vriendelijke groet,

drs. H.A.J.M. van der Meijden, MBA
Inspecteur-generaal der Mijnen

Mevr. dr. I.C. Kroon
Hoofd Adviesgroep EZ
TNO Geologische dienst van Nederland

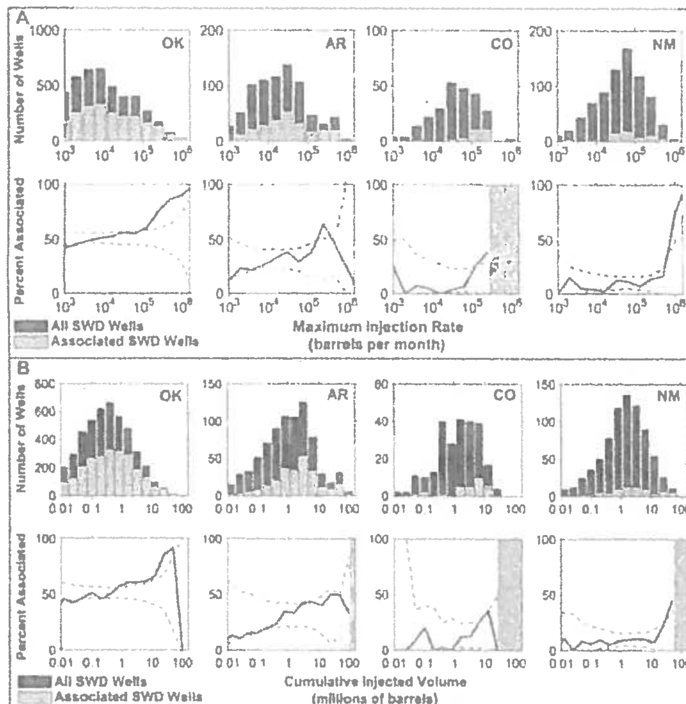
Bijlage

Belang van de geologische kenmerken van een gebied.
De mechanismen voor geïnduceerde seismiciteit zijn sterk gerelateerd aan de geologische kenmerken van de ondergrond. Het behoeft nauwelijks toelichting dat er grote verschillen bestaan tussen die kenmerken in het studiegebied in de VS en de Nederlandse ondergrond. Ook binnen het studiegebied in de VS treden belangrijke verschillen in geologische kenmerken op.

In Weingarten et al. wordt geen onderscheid gemaakt in geologische kenmerken binnen het onderzoeksgebied. Conclusies, die zij trekken, zijn generiek voor het hele onderzoeksgebied. In het supplementaire materiaal hebben zij echter de relatie tussen injectiedebiet (figuur A) en cumulatieve geïnjecteerde volume (figuur B) met geïnduceerde seismiciteit voor vier staten afzonderlijk aangegeven (zie figuur hieronder).

Uit die grafieken is een aantal zaken af te leiden:

- Allereerst zijn de gegevens uit Oklahoma door hun grotere aantal putten (zie schaal op de y-as) dominant over de overige drie staten.
- Differentiatie naar de vier staten Oklahoma, Colorado, New Mexico en Arkansas geeft verschillende patronen per staat. Dit geldt zowel voor de frequentie, waarmee geassocieerde seismiciteit optreedt, als de relatie met de onderzochte factoren (trend).



Het blijkt dat in de staten Colorado en New Mexico voor zowel het injectiedebiet als voor het cumulatief geïnjecteerde volume het percentage van geassocieerde seismische activiteit zeer gering is. Dit in tegenstelling tot de staat Oklahoma en in mindere mate tot de staat Arkansas. Dit moet het gevolg zijn van de eigenschappen van de ondergrond.

Dat in Oklahoma een hogere kans op geassocieerde seismiciteit optreedt kan goed samenvallen met het feit dat die regio van nature al een niet te verwaarlozen seismiciteit vertoonde. De aanwezigheid van kritisch gestreste breuken is daarmee te verwachten (cf. M. D. Zoback, J. Townend, B. Grollimund, Steady state failure equilibrium and deformation of intraplate lithosphere. Int. Geol. Rev. 44, 383–401 (2002)). Nederland kent buiten het zuidelijk deel van Limburg geen gebieden die van nature seismische activiteit vertonen. Hierdoor is de kans op kritisch gestreste breuken gering.

De bevingen, die door gaswinning worden geïnduceerd, worden veroorzaakt door een ander mechanisme. Dit mechanisme speelt bij waterinjectie geen rol.